

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 09-213203

(43)Date of publication of application : 15.08.1997

(51)Int.Cl.

H01J 1/34

H01J 40/04

H01J 40/06

H01J 43/06

(21)Application number : 08-020111

(71)Applicant : HAMAMATSU PHOTONICS KK

(22)Date of filing : 06.02.1996

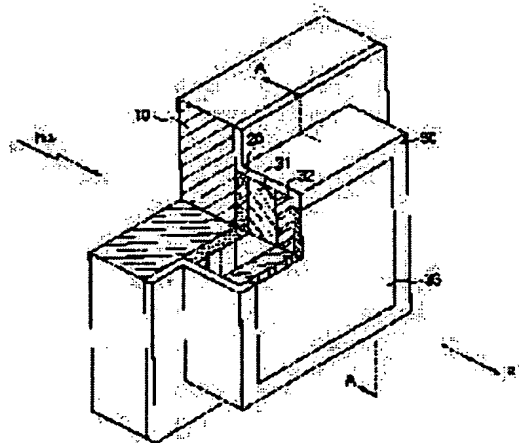
(72)Inventor : ARAGAKI MINORU

WATASE YASUSHI

(54) PHOTOELECTRIC SURFACE AND PHOTOELECTRIC TRANSFER TUBE USING PHOTOELECTRIC SURFACE**(57)Abstract:**

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a higher sensitive photoelectric surface capable of changing the short wavelength limit and a photoelectric transfer tube using the photoelectric surface.

SOLUTION: A window layer 31 consisting of $\text{In}_x(\text{Al}_y\text{Ga}_{1-y})_{1-x}\text{As}$ is closely provided through an antireflection film 20 on a glass face late (10). An active layer 32 consisting of $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ having lattice match to the window layer 31 is formed with a range of $0 < x' = x < 0.18$, $0 < y < 1$ on the window layer 31. A surface layer 33 consisting of Cs_2O and an electrode 50 consisting of Cr are formed on the upper surface of the active layer 32 at its central part, and the upper surface of the active layer 32 at its end, respectively. This constitution changes the short wavelength limit with the lattice match applied to the window layer 31 and the active layer 32.

**LEGAL STATUS**

[Date of request for examination] 15.01.2003

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other
than the examiner's decision of rejection or
application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3615856

[Date of registration] 12.11.2004

[Number of appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of requesting appeal against
examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

* NOTICES *

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1] In the photoelectric surface established so that it might stick to a glass face plate, upper through the antireflection film of a detected light which is an object for detection The window layer which intercepts the light of short wavelength rather than a detected light which is formed of $\text{In}_x(\text{Al}_y\text{Ga}_{1-y})_{1-x}\text{As}$ on an antireflection film, and serves as an object for detection, The barrier layer which it is formed [barrier layer] on said window layer, and said detected light is absorbed [barrier layer], and generates said photoelectron by $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ with bandgap energy smaller than said window layer, The photoelectric surface characterized by being the photoelectric surface which it had even if few, and the atomic composition ratio x of said barrier layer being almost equal to atomic composition ratio x' of said window layer in $0 < x < 0.18$, and the range of the atomic composition ratio y of said window layer being $0 < y < 1$.

[Claim 2] The photoelectrical converter tube equipped with the thermionic tube with which the interior was maintained at the side-attachment-wall edge by the vacua in support of said glass face-plate, and the anode plate which is installed in the interior of said thermionic tube, and holds a forward electrical potential difference to said photoelectric surface so that the photoelectric surface according to claim 1 and said photoelectric surface might be held in the interior.

[Claim 3] The photoelectrical converter tube according to claim 2 characterized by having the multiplication means which carries out secondary electron multiplication of the photoelectron emitted from said photoelectric surface between said photoelectric surfaces and said anode plates.

[Claim 4] Said anode plate is the photoelectrical converter tube according to claim 2 or 3 characterized by being the fluorescent screen which emits light by receiving the two-dimensional electronic image corresponding to the two-dimensional optical image of said detected light.

[Claim 5] Said anode plate is the photoelectrical converter tube according to claim 2 or 3 characterized by being the solid-state imaging device which outputs the electrical signal corresponding to said two-dimensional optical image by receiving the two-dimensional electronic image corresponding to the two-dimensional optical image of a detected light which carried out incidence to said photoelectric surface.

[Translation done.]

* NOTICES *

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] This invention relates to the photoelectrical converter tube using the photoelectric surface and it which consist of a group III-V semiconductor.

[0002]

[Description of the Prior Art] The following which used a group III-V semiconductor like GaAs as the photoelectric surface who uses for the photoelectrical converter tube which detects pole feeble light are known. First, from a detected light which is formed of AlGaAs and serves as an object for detection, the photoelectric surface indicated by JP,51-73379,A is equipped with the window layer which intercepts the light below short wavelength, and the barrier layer which it is formed [barrier layer] of GaAs and generates a photoelectron by optical pumping, through the antireflection film, carries out thermocompression bonding of the glass face-plate to an AlGaAs window layer, and is supported. The photoelectric surfaces indicated by the USPAT No. 3769536 official report are consisted of by the barrier layer by choosing at least one matter from the photoelectric surface supported by the glass face-plate and (aluminum, Ga, In) (P, As, Sb) each matter group. furthermore, the case of the barrier layer which the barrier layer is constituted by $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ ($x=0.2$), and, as for C.Piaget et al., ACTA ELECTRONICA, and the photoelectric surface indicated by 20, 4, 1977, and 333, turns into from GaAs -- comparing -- the inside of a barrier layer -- a detected light -- a long wave -- threshold wavelength (the following -- "-- a long wave -- it is called long marginal") in case merit's light is intercepted is large. moreover, the compound semiconductor substrate top which consists of $\text{Ga}_{1-y}\text{Al}_y\text{As}$ in the photoelectric surface indicated by JP,49-114689,A -- $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ -- since -- the becoming barrier layer is formed.

[0003]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] However, in the photoelectric surface of the combination of the above barrier layers and window layers, since all stacking faults exist in both interface, a crystal defect arises in an interface, and when it spreads into a barrier layer, the quality of a barrier layer deteriorates substantially. Since the photoelectron which absorbed a detected light and was generated within the barrier layer is recombined in the crystal defect section and the diffusion length becomes short consequently, the sensibility of the photoelectric surface falls. The sensibility of the photomultiplier tube with which the above photoelectric surfaces were actually incorporated falls substantially compared with the case where a crystal defect does not exist. image enhancement tubing equipped with the photoelectric surface where a crystal defect exists in a barrier layer especially -- a cross hatching pattern -- an image [like] appears in a signal output and lowering of the image property is remarkable.

[0004] By the way, the photoelectric surface indicated by JP,5-266857,A consists of barrier layers which consist of a window layer which consists of $\text{Al}_{1-y}\text{In}_y\text{As}$, and $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ ($x \leq 0.2$), and the $\text{Al}_{1-y}\text{In}_y\text{As}$ window layer and the $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ barrier layer are carrying out lattice matching by making accuracy fix the atomic composition ratio y of an $\text{Al}_{1-y}\text{In}_y\text{As}$ window layer to a predetermined value. However, since the atomic composition ratio x of an $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ barrier layer and the atomic composition ratio y of an $\text{Al}_{1-y}\text{In}_y\text{As}$ window layer cannot change independently mutually, if one atomic composition ratio is decided, the atomic composition ratio of another side will be decided uniquely. Therefore, threshold wavelength (henceforth a "short

wavelength limitation") in case the light of short wavelength is intercepted rather than a detected light in a window layer will also be decided uniquely.

[0005] Then, this invention person found out that the above-mentioned trouble was intrinsically solvable by using the barrier layer which consists of a window layer which consists only of AlGaInAs only indicated by JP,4-324227,A, and InxGa1-xAs, as a result of a stacking fault's examining various combination between a window layer and a barrier layer about the ingredient configuration which hardly exists. It was completed based on the starting knowledge, and this invention offers the high sensitivity photoelectric surface which changes short wave transgression according to the atomic composition ratio of a window layer, and the photoelectrical converter tube using it, carrying out lattice matching to the barrier layer which the window layer which consists of AlGaInAs turns into from InxGa1-xAs.

[0006]

[Means for Solving the Problem] In the photoelectric surface established so that the photoelectric surface concerning this invention might be stuck to a glass face plate, upper through the antireflection film of a detected light which is an object for detection The window layer which intercepts the light of short wavelength rather than a detected light which is formed of Inx'(AlyGa1-y)1-x'As on an antireflection film, and serves as an object for detection, It is formed on a window layer of InxGa1-xAs with bandgap energy smaller than a window layer. It is the photoelectric surface equipped with the barrier layer which a detected light is absorbed [barrier layer] and generates a photoelectron at least, and the atomic composition ratio x of a barrier layer is almost equal to atomic composition ratio x' of a window layer in $0 < x < 0.18$, and it is characterized by the range of the atomic composition ratio y of a window layer being $0 < y < 1$. Even if the atomic composition ratio of a window layer which determines short wave transgression changes with these, the crystal defect in the barrier layer which carried out lattice matching to it mostly is controlled.

[0007] The photoelectrical converter tube of this invention is installed in the interior of the thermionic tube with which the interior was maintained at the side-attachment-wall edge by the vacua in support of the glass face-plate, and the thermionic tube, and is equipped with the anode plate which holds a forward electrical potential difference to the photoelectric surface so that the photoelectric surface and the photoelectric surface may be held in the interior. The signal of light is convertible for the signal of a photoelectron with this.

[0008] Moreover, it is characterized by having the multiplication means which carries out secondary electron multiplication of the photoelectron emitted from the photoelectric surface between the photoelectric surface and an anode plate. Multiplication of the signal of the emitted photoelectron can be carried out by this.

[0009] Moreover, it is characterized by an anode plate being a fluorescent screen which emits light by receiving the two-dimensional electronic image corresponding to the two-dimensional optical image of a detected light. By this, direct observation of the two-dimensional optical image of a detected light can be carried out.

[0010] Moreover, it is characterized by an anode plate being a solid-state imaging device which outputs the electrical signal corresponding to a two-dimensional optical image by receiving the two-dimensional electronic image corresponding to the two-dimensional optical image of a detected light which carried out incidence to the photoelectric surface. A two-dimensional optical image is convertible for an electrical signal with this.

[0011]

[Embodiment of the Invention] The operation gestalt of this invention is explained with reference to a drawing.

[0012] Drawing 1 shows a part of perspective view of the photoelectric surface of this invention in a cross section. On the glass face-plate 10, the antireflection film 20 SiO₂ and Si₃N₄ carried out [the antireflection film] the laminating one by one sticks that the thickness according to the wavelength of a detected light which is an object for detection is also, and is formed. On the antireflection film, the window layer 31 with a thickness of 0.03 micrometers or more it is thin from p mold Inx'(AlyGa1-y)1-x'As is formed as an epitaxial layer. If a detected light (hnu) carries out incidence from the glass face-plate 10 as the arrow head of drawing 1 shows, it will penetrate without decreasing the glass face-plate 10 and an antireflection film 20, and the light of short wavelength

will be intercepted from a detected light in a window layer 31. In addition, about the carrier concentration of p mold of a window layer 31, it is not strict.

[0013] And the atomic composition ratio x of the $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ barrier layer 32 is formed as an epitaxial layer equal to atomic composition ratio x' of the $\text{In}_x'(\text{Al}_y\text{Ga}_{1-y})_{1-x'}\text{As}$ window layer 31, and the barrier layer 32 with a thickness of 1-3 micrometers which bandgap energy becomes from small p mold $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ absorbs a detected light from a window layer 31 in window layer 31 up one, and is making it generate a photoelectron rather than a window layer 31. In addition, the carrier concentration of p mold in a barrier layer 32 is $1 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$ - $10 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$.

[0014] Here, this invention person changed the value of the $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ barrier layer x , and measured the spectral sensitivity of a barrier layer. Drawing 2 is the experimental result which asked for the spectral sensitivity of the $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ barrier layer on a GaAs substrate, when changing x with 0 to 0.16. the value of the result shown in drawing 2 to x -- 0.08 and 0. -- the long wave of the spectral sensitivity in 12 and 0.16 -- a long limitation not only changing with about 0.94 micrometers, about 0.97 micrometers, and about 1 micrometer but a long wave -- it became clear that the radiant sensitivity by the side of merit falls remarkably. This is because it becomes low, an electron affinity serves as forward and the radiation sensitometry in that case is prevented from vacuum level by the noise of system of measurement, if the potential energy of the photoelectron at the bottom of the conduction band of an $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ barrier layer falls to vacuum level extent and makes it $x \geq 0.18$ as x becomes large.

[0015] moreover, this invention person -- In_x -- $'(\text{Al}_y\text{Ga}_{1-y})$ the atomic composition ratios x and x' of the $1-x'$ As window layer 31 and the $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ barrier layer 32', and y -- being related -- x and x' -- $x=x'=0.18$ -- fixing -- y -- $y=0.25$ and 0. -- when it was made to change to 5 and 0.75, the spectral sensitivity characteristic of the photoelectric surface was measured. Drawing 3 shows the measurement result of the spectral sensitivity characteristic in each ****. the long wave it is decided from the result that mentioned above by the atomic composition ratio x of the $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ barrier layer 32 -- it found out that the short wavelength limitation changed according to the value of y of the $\text{In}_x'(\text{Al}_y\text{Ga}_{1-y})_{1-x'}\text{As}$ window layer 31, and was set to 0.9 micrometers, 0.78 micrometers, and 0.65 micrometers to a long limitation being as fixed as about 0.94 micrometers, respectively.

[0016] Furthermore, as a result of making x' of the $\text{In}_x'(\text{Al}_y\text{Ga}_{1-y})_{1-x'}\text{As}$ window layer 31 equal to x of the $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ barrier layer 32, in each ****, lowering of sensibility is not seen because both do lattice matching. The crystal defect resulting from it is also controlled in the interface of the window layer 31 and barrier layer 32 which carried out lattice matching. Therefore, the diffusion length of a photoelectron becomes a big value, dissipation by recombination of the photoelectron in a barrier layer 32 etc. decreases, and lowering of sensibility is no longer seen as mentioned above. However, since both atomic composition ratio x' and the distorted stress which exists in the interior of the grid which constitutes a barrier layer 21 if the degree of the stacking fault between both is small even if x is not thoroughly in agreement are eased by deformation of a grid, a crystal defect is not introduced.

[0017] I do one. as mentioned above, the range of the $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ barrier layer x [32] $0 < x < 0.18$ -- In_x -- about [$'(\text{Al}_y\text{Ga}_{1-y})$ x of the $1-x'$ As window layer 31', and] -- By having found out that y of the $\text{In}_x'(\text{Al}_y\text{Ga}_{1-y})_{1-x'}\text{As}$ window layer 31 could change independently of it, it became very easy as compared with the case where ingredient presentation control of the high sensitivity photoelectric surface where short wave transgression can change to arbitration is the advanced technology.

[0018] the surface layer 33 which becomes a barrier layer 32 top-face center section from Cs_2O -- homogeneity -- a pole -- since it is formed thinly and the work function of barrier layer 32 top face is reduced enough, when about 33 surface layer is reached without many photoelectrons disappearing, it is emitted outside easily. However, a surface layer 33 may not be restricted to the oxide of alkali metal like Cs_2O , and alkali metal or its fluoride is sufficient as it. Moreover, the electrode 50 which consists of Cr is vapor-deposited and formed in the barrier layer 32 top-face periphery section, and it can be made to perform electric connection with a barrier layer 32.

[0019] Next, it is explained that it is also with the manufacture approach about the photoelectric surface of this invention. Drawing 4 (a) - (e) shows the A-A line sectional view of drawing 1 in order of the process.

[0020] First, the semi-conductor substrate 60 which consists of GaAs is prepared. The buffer layer 61 with a thickness of about 4 micrometers which uses an epitaxial growth system (not shown) and

consists of $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ on this next, the dirty stop layer 62 with a thickness of about 1 micrometer it is thin from $\text{In}_x(\text{aluminum}0.5\text{Ga}0.5)_{1-x}\text{As}$, and the impurity of p mold were introduced only for the amount of requests. About 4-micrometer window layer 12 ** which consists of a barrier layer 32 with a thickness of about 2 micrometers it is thin from $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$, and $\text{In}_x'(\text{AlyGa}_{1-y})_{1-x'}\text{As}$ carries out sequential epitaxial growth, and as shown in drawing 4 (a), a semi-conductor multilayer with hetero structure is produced.

[0021] In the above-mentioned process, a buffer layer 61 is formed for not diffusing the impurity in the GaAs semi-conductor substrate 60 to the layer above a buffer layer 61 in order to decrease the crystal defect of the dirty stop layer 62 on it. In addition, even if a buffer layer 61 makes an $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ layer with a (ii) thickness of 2 micrometers and a GaAs layer the multilayer structure which carried out the laminating by turns besides making it the layer which consists of a presentation of (i) regularity mentioned above or (iii) makes a presentation the so-called graded layer made to incline to $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ gently-sloping from the GaAs semi-conductor substrate 60, same operation and effectiveness produce it. In the etching processing mentioned later, the dirty stop layer 62 is formed in order to protect the layer above the dirty stop layer 62. moreover -- this invention -- the $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ barrier layer 32 and $\text{In}_x'(\text{AlyGa}_{1-y})_{1-x'}\text{As}$ -- making almost equal both indium presentation ratio x and x' , as mentioned above in case epitaxial growth of the $1-x'\text{As}$ window layer 31 is carried out -- both lattice constant -- about -- he makes it do one and is trying to suppress the crystal defect in a barrier layer 32

[0022] Then, a CVD method is used on the $\text{In}_x'(\text{AlyGa}_{1-y})_{1-x'}\text{As}$ window layer 31, and the antireflection film 20 in which Si_3N_4 and SiO_2 carried out the laminating to the thickness according to the wavelength of a detected light being one by one is made to form, as shown in drawing 4 (b).

[0023] And the glass face-plate 10 which consists of 7056 glass (coefficient of thermal expansion: $5 \times 10^{-7}/\text{degree C}$) of Corning, Inc. comparatively near the coefficient of thermal expansion of a barrier layer 32 is heated at about 550 degrees C in a vacuum or inert gas, thermocompression bonding is carried out to an antireflection film 20, and a multilayer is arranged to the glass face-plate 10 through an antireflection film 20. In addition, especially if the glass face-plate 10 is close to the coefficient of thermal expansion of a barrier layer 32, it will not be restricted to Corning 7056 glass. Then, if the glass face-plate 10 is cooled to a room temperature, as shown in drawing 4 (c), an antireflection film 20 will be stuck with the glass face-plate 10.

[0024] Next, if etching clearance of the GaAs semi-conductor substrate 60 is carried out to it being also in this condition using ammonia and a hydrogen-peroxide solution, the $\text{In}_x(\text{aluminum}0.5\text{Ga}0.5)_{1-x}\text{As}$ dirty stop layer 61 will be exposed, and etching clearance will stop automatically. Then, if etching clearance of the $\text{In}_x(\text{aluminum}0.5\text{Ga}0.5)_{1-x}\text{As}$ dirty stop layer 61 is carried out using fluoric acid or the solution of hydrochloric acid, as shown in drawing 4 (d), the $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ barrier layer 32 will be exposed, and etching clearance will stop automatically.

[0025] Then, the electrode 50 which becomes the $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ barrier layer 32 exposed-surface periphery section etc. from Cr is made to vapor-deposit within vacuum evaporatio no equipment (not shown), and it enables it to connect the photoelectric surface 30 electrically by using a predetermined mask. Finally, after heating and defecating $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ barrier layer 32 exposed surface at about 580 degrees C, by introducing Cs and O_2 and making $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ barrier layer 32 exposed surface vapor-deposit a surface layer 33, the work function of $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ barrier layer 32 exposed surface is reduced, and the photoelectric surface shown in drawing 4 (e) is acquired.

[0026] Below, the photoelectrical converter tube concerning this invention is explained for every operation gestalt.

[0027] 1st operation gestalt drawing 5 of the photoelectrical converter tube shows the so-called sectional side elevation of the line focus mold photomultiplier tube. In drawing 5, the glass face-plate 10 with which it was established in it through the antireflection film as the photoelectric surface 30 stuck to the inner surface is supported by one edge of the barrel which constitutes the body of the thermionic tube 11, and as a detected light (hnu) shows an arrow head, incidence is carried out. The other-end section of the barrel which constitutes the thermionic tube 11 is also airtightly closed using glass, and holds the thermionic-tube 11 interior to the vacua.

[0028] Multistage repeat ***** of the dynode section 71 (multiplication means) which consists of two or more steps of dynodes 71a-71h for carrying out multiplication of the photoelectron which the

anode plate 40 is installed in the other-end section in the thermionic tube 11, and the convergence electrode 70 of the couple which converges a photoelectron on photoelectric-surface 30 approach among between the photoelectric surface 30 and an anode plate 40 was installed, and was emitted to anode plate 40 approach from this photoelectric surface 30 one by one is carried out in the curved-surface-like electrode. Through the bleed-screw circuit and the electric lead, although not illustrated, it distributes and is impressed by the photoelectric surface 30, the convergence electrode 70, the dynode section 71, and the anode plate 40 so that it may increase for every stage, as a forward bleed-screw electrical potential difference approaches an anode plate 40 to the photoelectric surface 30. [0029] Therefore, if a detected light carries out incidence to the photomultiplier tube, it will be emitted conventionally for a short time, holding a number with a photoelectron (e-) comparable as the former from the above-mentioned photoelectric surface 30. It accelerates and converges with the convergence electrode 70, and incidence of the emitted photoelectron is carried out to 1st dynode 71a. The secondary electron of one several times the number of this is emitted to the number of photoelectrons which carried out incidence, and incidence is succeedingly accelerated and carried out to 2nd dynode 71b. A several times as many secondary electron as this is emitted to the electron number which carried out incidence like 1st dynode 71a also in 2nd dynode 71b. By repeating this 8 times, secondary electron multiplication of the photoelectron emitted from the photoelectric surface 30 is eventually carried out to about about 1 million times, the secondary electrons emitted by carrying out multiplication from the 8th dynode h are collected in an anode plate 40, and it is taken out as an output signal current.

[0030] With this operation gestalt, since the photoelectric surface 30 where sensibility is high is used even if the atomic composition ratio y of a window layer 31 which determines short wave transgression changes, the signal current eventually outputted from an anode plate 40 also becomes large, and a feeble detected light can be detected as compared with the conventional line focus mold photomultiplier tube.

[0031] 2nd operation gestalt drawing 6 of the photoelectrical converter tube shows the so-called sectional side elevation of the contiguity mold photomultiplier tube. It is closed and supported by the upper bed section of the barrel from which the glass face-plate 10 with which an antireflection film 20 and the photoelectric surface 30 were made to be the same as that of the operation gestalt of the photoelectric surface constitutes the body of the thermionic tube 11 using the closure member which consists of the In seal section 13 and In reservoir 14, and incidence is carried out as a detected light (hnu) shows an arrow head.

[0032] Moreover, the bottom plate section 12 is supported by the soffit section of the barrel which constitutes the body of the thermionic tube 11, the thermionic tube 11 is airtightly closed in it, and the thermionic-tube 11 interior is made to hold to a vacua. On the bottom plate section 12 top face, it counters with the photoelectric surface 30, and when a photoelectron is driven in, the photodiode 41 which has the multiplication operation is installed. The electrical potential difference of several kV is impressed between the photoelectric surface 30 and a photodiode 41 through the electric lead (not shown) which the end of the stem pin 52 connected to this photodiode 41 penetrated the bottom plate section 12, and is prolonged, and the reverse bias electrical potential difference is impressed to this photodiode 41 through it, and was similarly connected to the stem pin 52 and the electrode 50.

[0033] After many photoelectrons (e-) will be emitted to the building envelope of the thermionic tube 11 as stated to the 1st operation gestalt of the photoelectrical converter tube if a detected light carried out incidence to the above-mentioned photomultiplier tube, the secondary electron which increased multiplication several 1000 times to one photoelectron is generated by accelerating and devoting oneself to a photodiode 41. And the secondary electron generated within the photodiode 41 is taken out as an output signal through a stem pin 52.

[0034] Therefore, since more photoelectrons than before are emitted from the photoelectric surface even if it changes short wave transgression with this operation gestalt, compared with the conventional electronic placing mold photomultiplier tube, feeble light is detectable. Moreover, the dynode section is not needed, but since a convergence electrode moreover is not required as compared with the electrostatic convergence mold photomultiplier tube mentioned later, it can miniaturize.

[0035] 3rd operation gestalt drawing 7 of the photoelectrical converter tube shows the so-called

sectional side elevation of the electrostatic convergence mold photomultiplier tube. A point which is different from the 2nd operation gestalt with this photomultiplier tube is that the convergence electrode 70 of a couple is installed between the photoelectric surface 30 and a photodiode 41. and each electric lead 51 connected with the convergence electrode 70 of a couple -- the end of a and b -- thermionic-tube 30 side attachment wall -- penetrating -- extending -- **** -- the electric lead 51 -- it enables it to impress a predetermined electrical potential difference to the convergence electrode 70 of a couple through a and b

[0036] Since according to this operation gestalt it converges the photoelectron using the convergence electrode 70 and the small photodiode 41 can be used to the effective area of the photoelectric surface, a high-speed response is attained.

[0037] 4th operation gestalt drawing 8 of the photoelectrical converter tube shows the so-called sectional side elevation of image enhancement tubing. This operation gestalt is that the micro channel plate (henceforth "MCP") (multiplication means) 72 constituted by bundling many glass holes with a diameter of about 10 micrometers so that the secondary electron multiplication of the two-dimensional electron can be carried out is installed in the center of the barrel which constitutes the body of the thermionic tube 11 unlike the 2nd thru/or the 3rd operation gestalt. and each electric lead (not shown) connected to the photoelectric surface 30 and MCP72 -- minding -- between the photoelectric surface 30 and MCPs72 -- +-- several 100 -- the electrical potential difference of V is impressed. moreover, each electric lead 53 connected with MCP72 -- the end of a and b penetrates the side attachment wall of the thermionic tube 11, and is prolonged, and the electrical potential difference for multiplication is impressed between the underside sides (henceforth a "output side") of MCP72 the top-face side (henceforth a "input side") of MCP72 through them.

[0038] Moreover, with this operation gestalt, the fiber plate 42 is supported by the soffit section of the barrel which constitutes the body of a vacuum pipe 11, and it differs from the above-mentioned operation gestalt in the point that the fluorescent substance 43 (fluorescent screen) is arranged on the inner surface. And the electrical potential difference of about +several kV is made to be impressed to a fluorescent substance 43 to MCP72 through an electric lead (not shown) different from the above connected to electric lead 53c connected to the fluorescent substance 43, and MCP72. In addition, the electric lead connected with the 1st electrode 50 and the 2nd electrode 51 is omitting the graphic display.

[0039] Therefore, if a detected light carries out incidence to image enhancement tubing like drawing 8, the two-dimensional photoelectron image (e-) corresponding to a two-dimensional optical image will be emitted to the building envelope of the thermionic tube 11 from the photoelectric surface 30, and incidence will be accelerated and carried out to MCP72 input side. It increases the secondary electron multiplication of the two-dimensional photoelectron image about 1 million times, and the two-dimensional electronic image corresponding to an incidence location is emitted by MCP72 from the output side of MCP72, and incidence of it is accelerated and carried out to a fluorescent substance 43. On a fluorescent substance 43, the two-dimensional image corresponding to a two-dimensional electronic image reinforces, and it is indicated by luminescence. A two-dimensional image is taken out and observed outside through the fiber plate 42 which is supporting the fluorescent substance 43.

[0040] Since this operation gestalt uses the above-mentioned photoelectric surface 30 where the crystal defect was controlled even if short wave transgression changes and many two-dimensional photoelectron images are emitted rather than before, a fluorescent substance 43 emits light with the two-dimensional electron by which multiplication was carried out more strongly than before. Therefore, direct observation may be carried out, without the cross hatching pattern with which a feebleer two-dimensional optical image is highly sensitive with a pattern, and originates in a crystal defect appearing as compared with the conventional image enhancement tubing.

[0041] 5th operation gestalt drawing 9 of the photoelectrical converter tube shows the so-called sectional side elevation of the contiguity mold camera tube. In this camera tube, it replaces with the photodiode 41 in the 2nd operation gestalt, and the charge storage component (henceforth "CCD") 44 which is an imaging device is used. Although not illustrated, between the photoelectric surface 30 and CCD44, the electrical potential difference for carrying out multiplication of the emitted photoelectron is impressed, and when the photoelectron accelerated by this carries out incidence to

CCD44, multiplication of the photoelectron image is carried out. The charge accumulated in each pixel of CCD44 is outputted to time series outside through a stem pin 54.

[0042] Also in this operation gestalt, since more two-dimensional photoelectrons than before are emitted from the high sensitivity photoelectric surface 30 where a short wavelength limitation can change, more [outside] multiplication electrons accumulated in each pixel of CCD44 than before may be outputted to time series. Therefore, it becomes possible to detect a two-dimensional feeble light phenomenon electrically, and to observe it from before. Moreover, this operation gestalt can acquire a quality image property, without outputting the cross hatching pattern resulting from a crystal defect, as stated to the 4th operation gestalt.

[0043] In addition, in the 1st thru/or the 3rd operation gestalt of the photoelectrical converter tube concerning this invention, although the thing using the dynode or the photodiode as a multiplication means was explained, a multiplication means may not necessarily be restricted to the above-mentioned thing, but may use the multiplication means of others, such as a micro channel plate. Moreover, although the contiguity mold camera tube was explained in the 5th operation gestalt of the photoelectrical converter tube, the electrostatic convergence mold camera tube etc. may be used. Furthermore, although the case where CCD was used as an imaging device in the operation gestalt of the camera tube was explained, of course, the photodiode of the solid state detector which should not be limited to this and has a location detection function, for example, a location detection mold, etc. may be used. It cannot be overemphasized that it can finally apply also to other photodetection equipments, such as streak tubing equipped with these, although the photomultiplier tube, image enhancement tubing, and the camera tube were explained as the photoelectrical converter tube of this invention.

[0044]

[Effect of the Invention] Since according to the photoelectric surface of this invention the presentation of a window layer is changeable while a window layer and a barrier layer carry out lattice matching, the high sensitivity photoelectric surface where a short wavelength limitation can change is acquired.

[0045] Furthermore, according to the photoelectrical converter tube using the above-mentioned photoelectric surface of this invention, even if it changes the atomic composition ratio of a window layer which determines short wave transgression, a light feebleer than before is detectable. Especially, a quality image is obtained in image enhancement tubing or the camera tube, without generating the cross hatching pattern resulting from the crystal defect of the photoelectric surface.

[Translation done.]

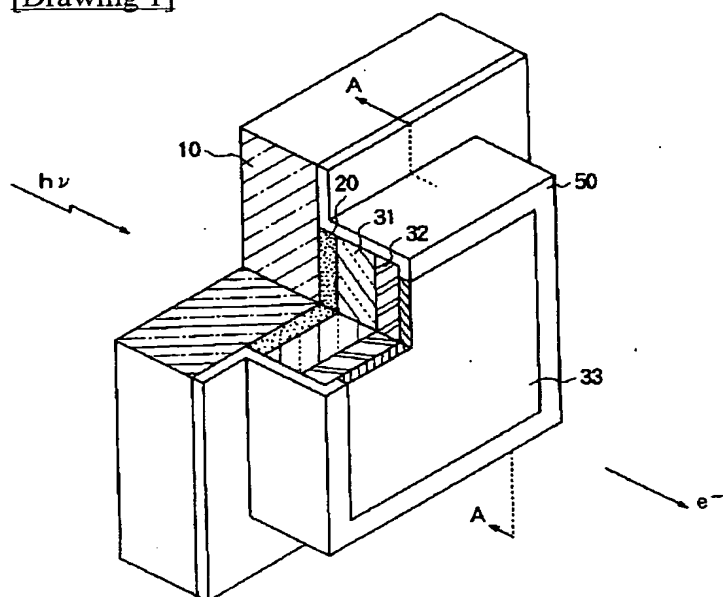
* NOTICES *

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

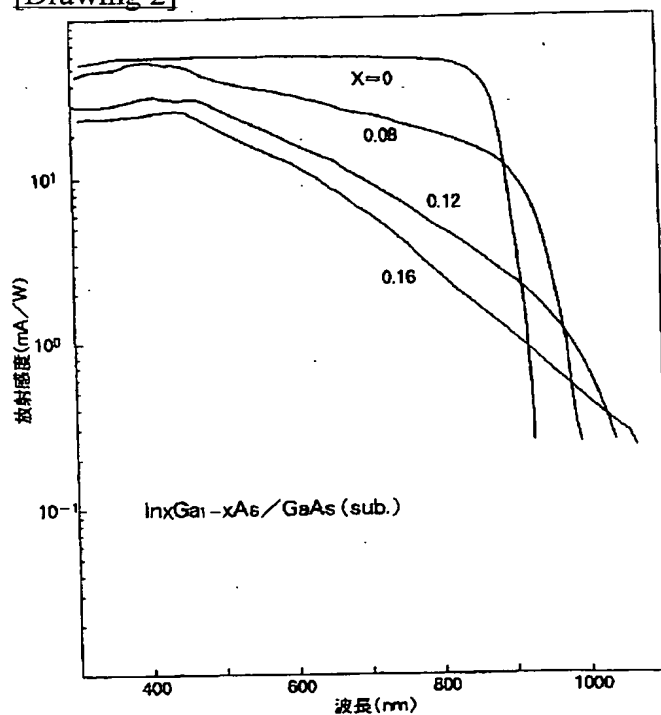
1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DRAWINGS

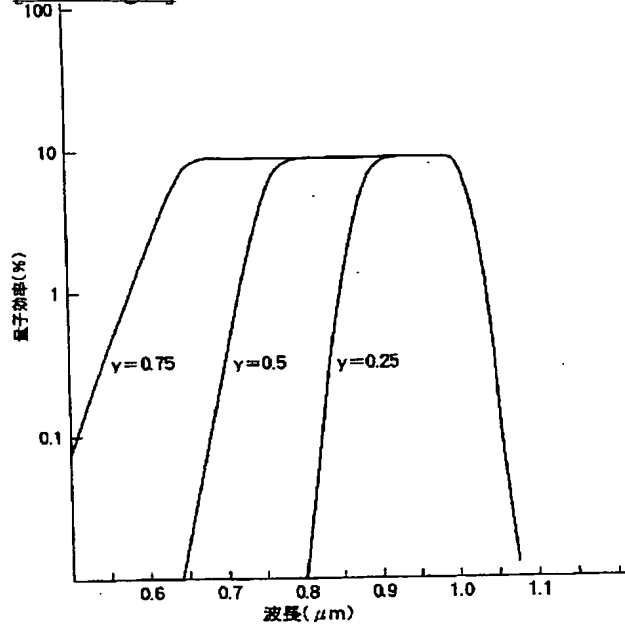
[Drawing 1]



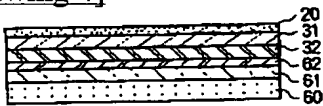
[Drawing 2]



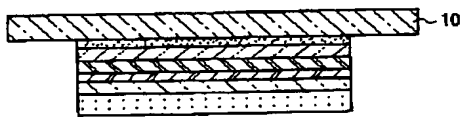
[Drawing 3]



[Drawing 4]



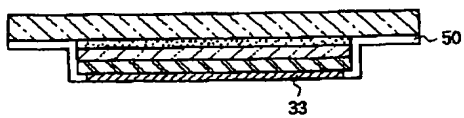
(a)



(b)

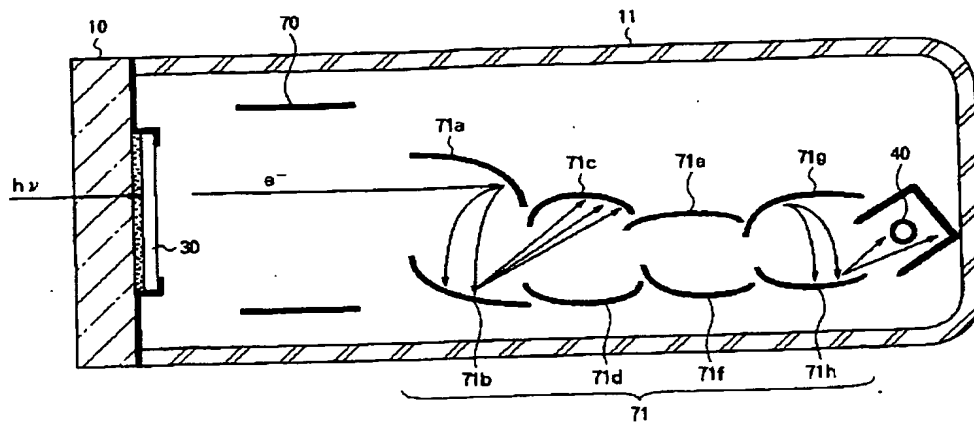


(c)

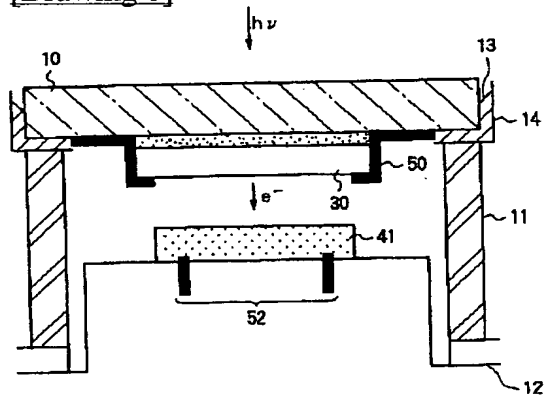


(d)

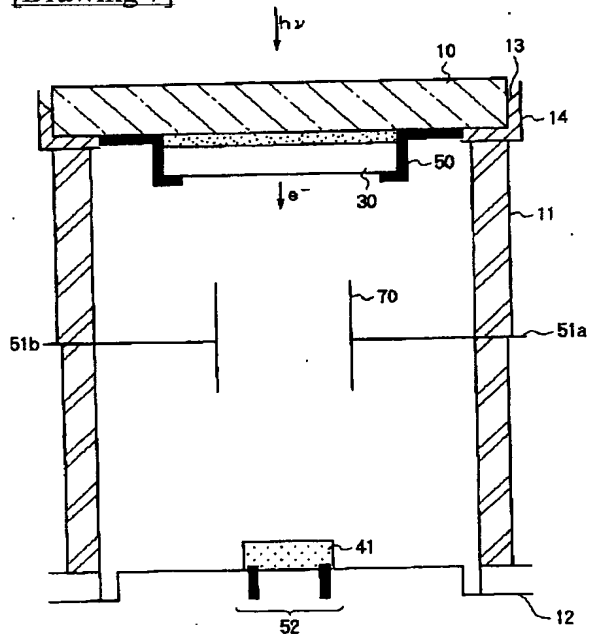
[Drawing 5]



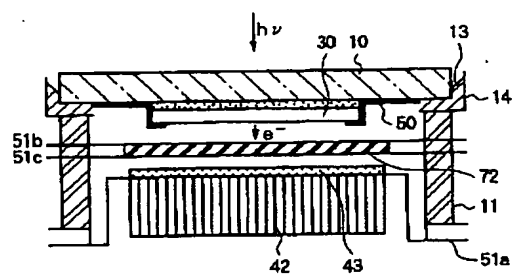
[Drawing 6]



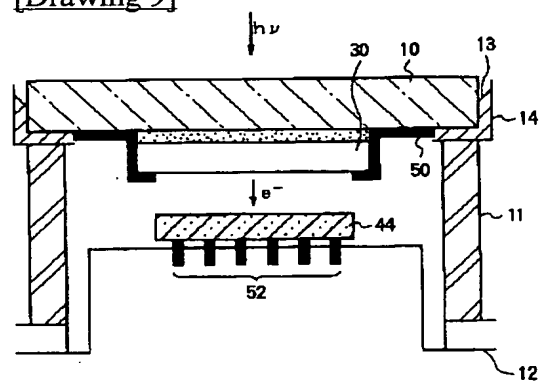
[Drawing 7]



[Drawing 8]



[Drawing 9]



[Translation done.]

PHOTOELECTRIC SURFACE AND PHOTOELECTRIC TRANSFER TUBE USING PHOTOELECTRIC SURFACE

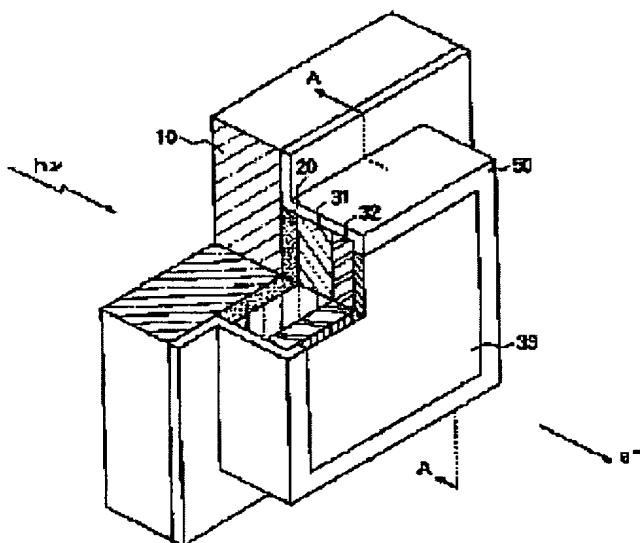
Patent number: JP9213203
Publication date: 1997-08-15
Inventor: ARAGAKI MINORU; WATASE YASUSHI
Applicant: HAMAMATSU PHOTONICS KK
Classification:
- **International:** H01J1/34; H01J40/04; H01J40/06; H01J43/06
- **European:**
Application number: JP19960020111 19960206
Priority number(s):

[Report a data error here](#)

Abstract of JP9213203

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a higher sensitive photoelectric surface capable of changing the short wavelength limit and a photoelectric transfer tube using the photoelectric surface.

SOLUTION: A window layer 31 consisting of $\text{In}_x(\text{Al}_y\text{Ga}_{1-y})_{1-x}\text{As}$ is closely provided through an antireflection film 20 on a glass face late (10). An active layer 32 consisting of $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ having lattice match to the window layer 31 is formed with a range of $0 < x' = x < 0.18$, $0 < y < 1$ on the window layer 31. A surface layer 33 consisting of Cs_2O and an electrode 50 consisting of Cr are formed on the upper surface of the active layer 32 at its central part, and the upper surface of the active layer 32 at its end, respectively. This constitution changes the short wavelength limit with the lattice match applied to the window layer 31 and the active layer 32.



Data supplied from the [esp@cenet](#) database - Patent Abstracts of Japan

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-213203

(43) 公開日 平成9年(1997)8月15日

(51) Int.Cl. ⁵	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 1 J 1/34			H 0 1 J 1/34	C
40/04			40/04	
40/06			40/06	
43/06			43/06	

審査請求 未請求 請求項の数5 O L (全 8 頁)

(21) 出願番号 特願平8-20111

(22) 出願日 平成8年(1996)2月6日

(71) 出願人 000236436

浜松ホトニクス株式会社

静岡県浜松市市野町1126番地の1

(72) 発明者 新垣 実

静岡県浜松市市野町1126番地の1 浜松ホ
トニクス株式会社内

(72) 発明者 渡瀬 泰志

静岡県浜松市市野町1126番地の1 浜松ホ
トニクス株式会社内

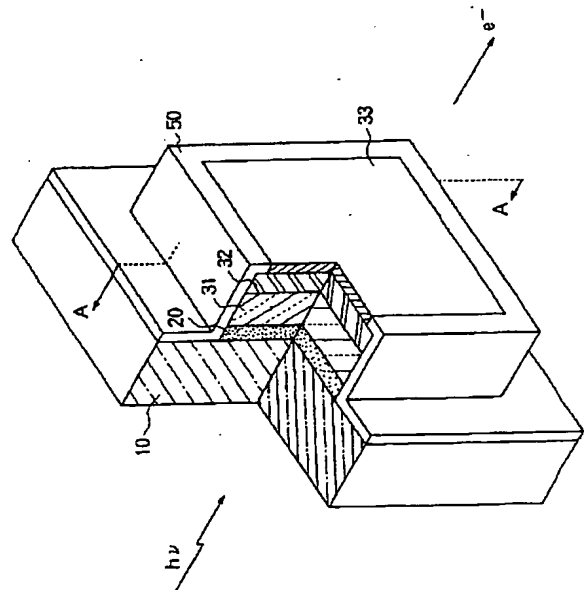
(74) 代理人 弁理士 長谷川 芳樹 (外3名)

(54) 【発明の名称】 光電面及びそれを用いた光電変換管

(57) 【要約】

【課題】 短波長限界が変化できる高感度な光電面とそれを用いた光電変換管を提供することを目的とする。

【解決手段】 ガラス面板(10)上には $\text{In}_x(\text{Al}_y\text{Ga}_{1-y})_{1-x}\text{As}$ からなる窓層(31)が反射防止膜(20)を介して密着するように設けられている。窓層(31)上には、窓層(31)と格子整合した $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ からなる活性層(32)が、 $0 < x' = x < 0.18, 0 < y < 1$ の範囲をもって形成されている。また、活性層(32)上面中央部には Cs_2O からなる表面層(33)と、活性層(32)上面端部にはCrからなる電極(50)とが形成されている。この構成によれば、窓層(31)と活性層(32)とが格子整合しながら短波長限界が変化できる。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 ガラス面板上に、検出対象である被検出光の反射防止膜を介して密着するように設けられた光電面において、

反射防止膜上に $\text{In}_x(\text{Al}_y\text{Ga}_{1-y})_{1-x}\text{As}$ によって形成され、検出対象となる被検出光よりも短波長の光を遮断する窓層と、

前記窓層よりもバンドギャップエネルギーが小さい $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ によって前記窓層上に形成され、前記被検出光を吸収して前記光電子を発生させる活性層と、

を少なくとも備えた光電面であって、前記活性層の原子組成比 x が $0 < x < 0.18$ の範囲で前記窓層の原子組成比 x' とほぼ等しく、前記窓層の原子組成比 y の範囲が $0 < y < 1$ であることを特徴とする光電面。

【請求項 2】 請求項 1 記載の光電面と、

前記光電面を内部に収容するように、前記ガラス面板を側壁端部に支持して内部が真空状態に保たれた真空管と、

前記真空管内部に設置され、前記光電面に対して正の電圧を保持する陽極と、を備えた光電変換管。

【請求項 3】 前記光電面と前記陽極との間には前記光電面から放出された光電子を 2 次電子増倍する増倍手段が備えられていることを特徴とする請求項 2 に記載の光電変換管。

【請求項 4】 前記陽極は前記被検出光の 2 次元光学像に対応した 2 次元電子像を受容することによって発光する蛍光膜であることを特徴とする請求項 2 又は 3 に記載の光電変換管。

【請求項 5】 前記陽極は前記光電面に入射した被検出光の 2 次元光学像に対応した 2 次元電子像を受容することによって前記 2 次元光学像に対応した電気信号を出力する固体撮像デバイスであることを特徴とする請求項 2 又は 3 に記載の光電変換管。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は III-V 族化合物半導体からなる光電面及びそれを用いた光電変換管に関するものである。

【0002】

【従来の技術】 極微弱光を検出する光電変換管に用いる光電面として、GaAs のような III-V 族化合物半導体を用いた以下のものが知られている。まず、特開昭 51-73379 号公報で開示された光電面は、AlGaAs によって形成されて検出対象となる被検出光より短波長以下の光を遮断する窓層と、GaAs によって形成されて光励起により光電子を発生させる活性層とを備え、AlGaAs 窓層に反射防止膜を介してガラス面板を熱圧着して支持されている。USPAT 3769536 号公報に開示された光電面では、ガラス面板に支持された光電面が、(Al, Ga, In) 及び (P, As, Sb) の各物質群から少なくとも 1 つの物

質を選択することによって活性層によって構成されている。さらに、C. Piaget et al., ACTA ELECTRONICA, 20, 4, 1977, 333 に開示された光電面は、活性層が $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ ($x \approx 0.2$) により構成されており、GaAs からなる活性層の場合と比べて、活性層内で被検出光よりも長波長の光が遮断されるときに閾値波長（以下「長波長限界」という）が大きくなっている。また、特開昭 49-114689 号公報に開示された光電面では、 $\text{Ga}_{1-y}\text{Al}_y\text{As}$ からなる化合物半導体基板上に $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ からなる活性層が形成されている。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】 しかしながら、上記のような活性層と窓層との組み合わせの光電面では、両者の界面に格子不整が全て存在するので界面に結晶欠陥が生じ、それが活性層中へ伝搬することによって活性層の品質が大幅に低下する。活性層内で被検出光を吸収して発生した光電子は結晶欠陥部で再結合してその拡散長が短くなるので、その結果、光電面の感度は低下する。実際、上記のような光電面が組込まれた光電子増倍管の感度は、結晶欠陥が存在しない場合と比べて大幅に低下する。特に、活性層に結晶欠陥が存在する光電面を備えた画像増強管では、クロスハッチパターンのような画像が信号出力に現れ、その画像特性の低下は著しい。

【0004】 ところで、特開平 5-266857 号公報に開示された光電面は、 $\text{Al}_{1-y}\text{In}_y\text{As}$ からなる窓層と $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ ($x \leq 0.2$) からなる活性層とから構成されており、 $\text{Al}_{1-y}\text{In}_y\text{As}$ 窓層の原子組成比 y を所定の値に正確に固定させることによって、 $\text{Al}_{1-y}\text{In}_y\text{As}$ 窓層と $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ 活性層とが格子整合している。しかしながら、 $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ 活性層の原子組成比 x と $\text{Al}_{1-y}\text{In}_y\text{As}$ 窓層の原子組成比 y とは互いに独立して変化できないので、一方の原子組成比が決まると他方の原子組成比が一義的に決まってしまう。よって、窓層内で被検出光よりも短波長の光が遮断されるときに閾値波長（以下「短波長限界」という）も一義的に決まってしまう。

【0005】 そこで本発明者は、窓層と活性層との間に格子不整がほとんど存在しない材料構成について種々の組み合わせを検討した結果、特開平 4-324227 号公報に単に開示されただけの AlGaInAs からなる窓層と $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ からなる活性層を用いることによって、上記問題点を本質的に解決できることを見出した。本発明は、係る知見に基づき完成されたもので、AlGaInAs からなる窓層が $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ からなる活性層と格子整合したまま、窓層の原子組成比に応じて短波超限界が変わる高感度な光電面、及びそれを用いた光電変換管を提供するものである。

【0006】

【課題を解決するための手段】 本発明に係る光電面は、ガラス面板上に、検出対象である被検出光の反射防止膜を介して密着するように設けられた光電面において、反

10

20

30

40

50

射防止膜上に $\text{In}_x \cdot (\text{Al}_y \text{Ga}_{1-y})_{1-x} \cdot \text{As}$ によって形成され、検出対象となる被検出光よりも短波長の光を遮断する窓層と、窓層よりもバンドギャップエネルギーが小さい $\text{In}_x \text{Ga}_{1-x} \text{As}$ によって窓層上に形成され、被検出光を吸収して光電子を発生させる活性層とを少なくとも備えた光電面であって、活性層の原子組成比 x が $0 < x < 0.18$ の範囲で窓層の原子組成比 x' とほぼ等しく、窓層の原子組成比 y の範囲が $0 < y < 1$ であることを特徴とする。これによって、短波超限界を決める窓層の原子組成比が変化しても、それとほぼ格子整合した活性層内の結晶欠陥は抑制

【0007】本発明の光電変換管は、光電面と、光電面を内部に収容するように、ガラス面板を側壁端部に支持して内部が真空状態に保たれた真空管と、真空管内部に設置され、光電面に対して正の電圧を保持する陽極とを備える。これによって、光の信号を光電子の信号に変換できる。

【0008】また、光電面と陽極との間には光電面から放出された光電子を2次電子増倍する増倍手段が備えられていることを特徴とする。これによって、放出された光電子の信号を増倍させることができる。

【0009】また、陽極は被検出光の2次元光学像に対応した2次元電子像を受容することによって発光する蛍光膜であることを特徴とする。これによって、被検出光の2次元光学像を直接観測することができる。

【0010】また、陽極は光電面に入射した被検出光の2次元光学像に対応した2次元電子像を受容することによって2次元光学像に対応した電気信号を出力する固体撮像デバイスであることを特徴とする。これによって、2次元光学像を電気信号に変換することができる。

【0011】

【発明の実施の形態】本発明の実施形態を図面を参照して説明する。

【0012】図1は、本発明の光電面の斜視図を一部断面にて示したものである。ガラス面板10上に SiO_2 と Si_3N_4 とが順次積層した反射防止膜20が、検出対象である被検出光の波長に応じた膜厚をもって密着して形成されている。反射防止膜上にはp型 $\text{In}_x \cdot (\text{Al}_y \text{Ga}_{1-y})_{1-x} \cdot \text{As}$ からなる厚さ $0.03 \mu\text{m}$ 以上の窓層31が、エピタキシャル層として形成されている。図1の矢印で示すように、被検出光(hν)がガラス面板10から入射すると、ガラス面板10と反射防止膜20とを減衰することなく透過し、窓層31内で被検出光より短波長の光を遮断している。なお、窓層31のp型のキャリア濃度については厳密ではない。

【0013】そして窓層31上には、窓層31よりもバンドギャップエネルギーが小さいp型 $\text{In}_x \text{Ga}_{1-x} \text{As}$ からなる厚さ $1 \sim 3 \mu\text{m}$ の活性層32が、 $\text{In}_x \text{Ga}_{1-x} \text{As}$ 活性層32の原子組成比 x が $\text{In}_x \cdot (\text{Al}_y \text{Ga}_{1-y})_{1-x} \cdot \text{As}$ 窓層31の原子組成比 x' と等しいエピタキシャル層として形成されてお

り、窓層31からの被検出光を吸収して光電子を発生させている。なお、活性層32内のp型のキャリア濃度は $1 \times 10^{18} \text{cm}^{-3} \sim 10 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$ である。

【0014】ここで、本発明者は $\text{In}_x \text{Ga}_{1-x} \text{As}$ 活性層 x の値を変えて活性層の分光感度を測定した。図2は x を0から0.16と変化させたとき、GaAs基板上にある $\text{In}_x \text{Ga}_{1-x} \text{As}$ 活性層の分光感度を求めた実験結果である。図2に示す結果から、 x の値を0.08, 0.12, 0.16の場合における分光感度の長波長限界が約 $0.94 \mu\text{m}$ 、約 $0.97 \mu\text{m}$ 、約 $1 \mu\text{m}$ と変化するだけでなく、長波長側の放射感度が著しく低下することが明らかとなった。これは、 x が大きくなるにつれて $\text{In}_x \text{Ga}_{1-x} \text{As}$ 活性層の伝導帯の底にある光電子のポテンシャルエネルギーが真空準位程度まで低下し、もし $x \geq 0.18$ にすると真空準位より低くなって、電子親和力が正となり、その場合の放射感度測定が測定系の雑音によって阻害されるからである。

【0015】また、本発明者は $\text{In}_x \cdot (\text{Al}_y \text{Ga}_{1-y})_{1-x} \cdot \text{As}$ 窓層31及び $\text{In}_x \text{Ga}_{1-x} \text{As}$ 活性層32の原子組成比 x, x', y に関し、 $x, x' = x = x' = 0.18$ と固定して $y = 0.25, 0.5, 0.75$ に変化させたとき、光電面の分光感度特性を測定した。図3は各場合におけるその分光感度特性の測定結果を示したものである。その結果から、上述したように $\text{In}_x \text{Ga}_{1-x} \text{As}$ 活性層32の原子組成比 x によって決まる長波長限界は約 $0.94 \mu\text{m}$ と一定であるのに対し、短波長限界は $\text{In}_x \cdot (\text{Al}_y \text{Ga}_{1-y})_{1-x} \cdot \text{As}$ 窓層31の y の値に応じて変化し、それぞれ $0.9 \mu\text{m}, 0.78 \mu\text{m}, 0.65 \mu\text{m}$ となったことを見出した。

【0016】さらに、各場合において感度の低下がみられないのは、 $\text{In}_x \cdot (\text{Al}_y \text{Ga}_{1-y})_{1-x} \cdot \text{As}$ 窓層31の x' を $\text{In}_x \text{Ga}_{1-x} \text{As}$ 活性層32の x と等しくした結果、両者が格子整合するからである。格子整合した窓層31と活性層32との界面では、それに起因した結晶欠陥も抑制される。よって、光電子の拡散長が大きな値になって活性層32内の光電子の再結合等による消滅が少なくなり、上記のように感度の低下はみられなくなる。ただし、両者の原子組成比 x, x' が完全に一致しなくとも両者の間の格子不整合の度合いが小さければ、活性層21を構成する格子の内部に存在する歪応力が格子の変形によって緩和されるので、結晶欠陥が導入されない。

【0017】以上から、 $\text{In}_x \text{Ga}_{1-x} \text{As}$ 活性層32の x が、 $0 < x < 0.18$ の範囲で $\text{In}_x \cdot (\text{Al}_y \text{Ga}_{1-y})_{1-x} \cdot \text{As}$ 窓層31の x' とほぼ一致して、 $\text{In}_x \cdot (\text{Al}_y \text{Ga}_{1-y})_{1-x} \cdot \text{As}$ 窓層31の y がそれと独立に変化できることを見出したことにより、短波超限界が任意に変化できる高感度な光電面の材料組成制御が先行技術の場合と比較すると非常に容易となった。

【0018】活性層32上面中央部には、 Cs_2O からなる表面層33が均一に極薄く形成され、活性層32上面の仕事関数を十分低下させるので、多くの光電子が消滅することなく表面層33近傍に到達したときに容易に

外部に放出される。ただし、表面層 33 は Cs_2O のようなアルカリ金属の酸化物に限るものではなく、アルカリ金属又はそのフッ化物でもよい。また、活性層 32 上面周縁部に Cr からなる電極 50 が蒸着して形成され、活性層 32 と電気的な接続ができるようにしている。

【0019】次に、本発明の光電面を製造方法でもって説明する。図 4 (a) ~ (e) は図 1 の A-A 線断面図を工程順に示している。

【0020】まず、GaAs からなる半導体基板 60 を用意する。つぎに、この上にエピタキシャル成長装置 (図示せず) を用いて $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ からなる厚さ約 $4\ \mu\text{m}$ のバッファ層 61、 $\text{In}_x(\text{Al}_{0.5}\text{Ga}_{0.5})_{1-x}\text{As}$ からなる厚さ約 $1\ \mu\text{m}$ のエッチストップ層 62、そして p 型の不純物が所望量だけ導入された、 $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ からなる厚さ約 $2\ \mu\text{m}$ の活性層 32 及び $\text{In}_x(\text{Al}_{1-y}\text{Ga}_{1-y})_{1-x}\text{As}$ からなる約 $4\ \mu\text{m}$ の窓層 12 をの順次エピタキシャル成長させ、図 4

(a) に示すように、ヘテロ構造を有した半導体多層膜を作製する。

【0021】上記工程においてバッファ層 61 を設けるのは、その上のエッチストップ層 62 の結晶欠陥を減少させるためだけでなく、GaAs 半導体基板 60 中の不純物をバッファ層 61 より上の層へ拡散させないためである。なお、バッファ層 61 は上述した (i) 一定の組成からなる層にする以外に、例えば、(ii) 厚さ $2\ \mu\text{m}$ の $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ 層及び GaAs 層を交互に積層した多層構造にしたり、又は (iii) GaAs 半導体基板 60 からなだらかに組成を $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ まで傾斜させたいわゆるグレーデッド層等にしなくても同様な作用・効果が生ずる。エッチストップ層 62 は、後述するエッチング処理において、エッチストップ層 62 より上の層を保護するために設けられる。また本発明では、 $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ 活性層 32 及び $\text{In}_x(\text{Al}_{1-y}\text{Ga}_{1-y})_{1-x}\text{As}$ 窓層 31 をエピタキシャル成長させる際、上述したように両者のインジウム組成比 x, x' をほぼ等しくすることにより、両者の格子定数をほぼ一致させ、活性層 32 内の結晶欠陥を抑えるようにしている。

【0022】その後、図 4 (b) に示すように、 $\text{In}_x(\text{Al}_{1-y}\text{Ga}_{1-y})_{1-x}\text{As}$ 窓層 31 の上に CVD 法を用いて、 Si_3N_4 及び SiO_2 が被検出光の波長に応じた膜厚でもって順次積層した反射防止膜 20 を形成させる。

【0023】そして、活性層 32 の熱膨張係数に比較的近いコーニング社の 7056 ガラス (熱膨張係数: $5 \times 10^{-6}/^\circ\text{C}$) からなるガラス面板 10 を、真空中又は不活性ガス中で約 550°C に加熱して反射防止膜 20 と熱圧着させ、反射防止膜 20 を介して多層膜をガラス面板 10 に配置させる。なお、ガラス面板 10 は活性層 32 の熱膨張係数に近いものであれば特にコーニング 7056 ガラスに限られるものではない。その後、ガラス面板 10 を室温まで冷却すると、図 4 (c) に示すように、反射防止膜 20 はガラス面板 10 と密着する。

【0024】つぎに、この状態でもって、アンモニア及

び過酸化水素溶液を用いて GaAs 半導体基板 60 をエッチング除去すると、エッチング除去は $\text{In}_x(\text{Al}_{0.5}\text{Ga}_{0.5})_{1-x}\text{As}$ エッチストップ層 61 が露出して自動的に停止する。引続き、フッ酸又は塩酸溶液を用いて $\text{In}_x(\text{Al}_{0.5}\text{Ga}_{0.5})_{1-x}\text{As}$ エッチストップ層 61 をエッチング除去すると、図 4 (d) に示すように、エッチング除去は $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ 活性層 32 が露出して自動的に停止する。

【0025】その後、所定のマスクを用いることによって $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ 活性層 32 露出面周縁部等に Cr からなる電極 50 を蒸着装置 (図示せず) 内で蒸着させ、光電面 30 を電気的に接続できるようにする。最後に、 $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ 活性層 32 露出面を約 580°C に加熱して清浄化した後、 Cs 及び O_2 を導入して $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ 活性層 32 露出面に表面層 33 を蒸着させることによって、 $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ 活性層 32 露出面の仕事関数を低下させ、図 4 (e) に示す光電面が得られる。

【0026】つぎに、本発明に係る光電変換管を各実施形態毎に説明する。

【0027】光電変換管の第 1 実施形態

図 5 はいわゆるラインフォーカス型光電子増倍管の側断面図を示したものである。図 5 において、内面に光電面 30 が反射防止膜を介して密着するようにして設けられたガラス面板 10 が真空管 11 の本体を構成する筒体の一方の端部に支持されており、被検出光 ($h\nu$) が矢印に示すように入射される。真空管 11 を構成する筒体の他方の端部もガラスを用いて気密に封止され、真空管 11 内部を真空状態に保持している。

【0028】真空管 11 内の他方の端部には陽極 40 が設置されており、光電面 30 と陽極 40 との間のうち、光電面 30 寄りに光電子を収束する一対の収束電極 70 が設置され、かつ、陽極 40 寄りにこの光電面 30 から放出された光電子を順次増倍するための複数段のダイノード 71a ~ 71h からなるダイノード部 71 (増倍手段) が曲面状の電極を多段繰り返して設置されている。図示しないが、光電面 30、収束電極 70、ダイノード部 71、そして陽極 40 には、ブリーダ回路及び電気リードを介して、光電面 30 に対して正のブリーダ電圧が陽極 40 に近づくにつれて段毎に増加するように分配して印加されている。

【0029】よって被検出光が光電子増倍管に入射すると、上記光電面 30 から光電子 (e^-) が従来と同程度の数を保持したまま、従来より短時間で放出される。放出された光電子は収束電極 70 によって加速して収束され、第 1 ダイノード 71a に入射される。入射した光電子数に対して数倍の数の 2 次電子が放出され、引続き第 2 ダイノード 71b に加速して入射する。第 2 ダイノード 71b においても第 1 ダイノード 71a と同様に入射した電子数に対して数倍の 2 次電子が放出される。これを 8 回繰り返すことによって、光電面 30 から放出された光電子は約 100 万倍程度に最終的に 2 次電子増倍さ

れ、第8ダイノードhから増倍して放出された2次電子が陽極40で集められ出力信号電流として取り出される。

【0030】本実施形態では、短波超限界を決める窓層31の原子組成比が変化しても感度の高い光電面30を用いていることから、陽極40から最終的に出力される信号電流も大きくなって、従来のラインフォーカス型光電子増倍管と比較してより微弱な被検出光を検出することができる。

【0031】光電変換管の第2実施形態

図6はいわゆる近接型光電子増倍管の側断面図を示したものである。反射防止膜20と光電面30とが光電面の実施形態と同様にされたガラス面板10が、Inシール部13及びIn溜め14からなる封止部材を用いて真空管11の本体を構成する筒体の上端部に封止して支持されており、被検出光(hν)が矢印に示すように入射される。

【0032】また、真空管11の本体を構成する筒体の下端部には、底板部12が支持され、真空管11を気密に封止して真空管11内部を真空状態に保持させている。底板部12上面では光電面30と対向して、光電子が打ち込まれたとき増倍作用を有しているフォトダイオード41が設置されている。このフォトダイオード41に接続されたステムピン52の一端が底板部12を貫通して延びており、それを介してこのフォトダイオード41には逆バイアス電圧が印加されており、また同様にステムピン52と電極50に接続された電気リード(図示せず)とを介して、光電面30とフォトダイオード41との間に数kVの電圧が印加されている。

【0033】上記光電子増倍管に被検出光が入射すると、光電変換管の第1実施形態に述べたように光電子(e⁻)が真空管11の内部空間へ多く放出された後、フォトダイオード41に加速して打ち込まれることにより、光電子1つに対し数1000倍に増倍された2次電子が生成される。そして、フォトダイオード41内で生成された2次電子がステムピン52を介して出力信号として取り出される。

【0034】したがって、本実施形態では短波超限界を変化させても、光電面から光電子が従来より多く放出されるので、従来の電子打ち込み型光電子増倍管に比べて微弱光を検出できる。また、ダイノード部を必要とせず、しかも、後述する静電収束型光電子増倍管と比較して収束電極を要しないことから、小型化が可能である。

【0035】光電変換管の第3実施形態

図7はいわゆる静電収束型光電子増倍管の側断面図を示したものである。この光電子増倍管で第2実施形態と異なる点は、光電面30とフォトダイオード41との間に、一対の収束電極70が設置されていることである。そして、一対の収束電極70と接続された各電気リード51a、bの一端が真空管30側壁を貫通して延びてお

り、電気リード51a、bを介して一対の収束電極70に所定の電圧を印加できるようにしている。

【0036】本実施形態によれば、収束電極70を用いて光電子が収束されているので、光電面の有効面積に対して小さいフォトダイオード41を用いることができるので、高速応答が可能となる。

【0037】光電変換管の第4実施形態

図8はいわゆる画像増強管の側断面図を示したものである。本実施形態は第2乃至第3実施形態と異なり、真空管11の本体を構成する筒体の中央には、2次元電子を2次電子増倍できるように直径10μm程度のガラス孔を多数束ねて構成されるマイクロチャンネルプレート(以下「MCP」という)(増倍手段)72が設置されていることである。そして、光電面30及びMCP72に接続される各電気リード(図示せず)を介して、光電面30とMCP72との間には+数100Vの電圧が印加されている。また、MCP72と接続された各電気リード53a、bの一端が真空管11の側壁を貫通して延び、それらを介して、MCP72の上面側(以下「入力側」という)とMCP72の下面側(以下「出力側」という)との間には増倍用の電圧が印加されている。

【0038】また本実施形態では、真空管11の本体を構成する筒体の下端部にはファイバースプレート42が支持され、その内面上に蛍光体43(蛍光膜)が配置されている点において前述の実施形態とは異なる。そして、蛍光体43に接続された電気リード53cとMCP72に接続された上記と別の電気リード(図示せず)を介して、MCP72に対して+数kV程度の電圧が蛍光体43に印加されるようにしている。なお、第1電極50及び第2電極51と接続された電気リードは図示を省略している。

【0039】したがって、画像増強管に被検出光が図8のように入射すると、2次元光学像に対応する2次元光電子像(e⁻)が光電面30から真空管11の内部空間へ放出され、MCP72入力側に加速して入射される。MCP72によって2次元光電子像は約100万倍に2次電子増倍され、MCP72の出力側から入射位置に対応した2次元電子像が放出され、蛍光体43に加速して入射される。蛍光体43上では2次元電子像に対応した2次元画像が増強して発光表示される。2次元画像は蛍光体43を支持しているファイバースプレート42を通して外部に取り出され、観測される。

【0040】本実施形態は短波超限界が変化しても結晶欠陥が抑制された上記光電面30を用いていることから、従来よりも多くの2次元光電子像が放出されるので、蛍光体43は増倍された2次元電子によって従来より強く発光される。よって、従来の画像増強管に比較しより微弱な2次元光学像が感度よく、かつ、結晶欠陥に起因するクロスハッチパターンが現れることなく直接観察され得る。

【0041】光電変換管の第5実施形態

図9はいわゆる近接型撮像管の側断面図を示したものである。この撮像管では、第2実施形態におけるフォトダイオード41に代えて、撮像デバイスである電荷蓄積素子（以下「CCD」という）44が用いられている。図示しないが、光電面30とCCD44との間には放出された光電子を増倍するための電圧が印加され、これにより加速された光電子がCCD44に入射することにより光電子像が増倍される。CCD44の各画素に蓄積される電荷は、ステムピン54を介して時系列に外部に出力される。

【0042】本実施形態においても、短波長限界が変化できる高感度な光電面30から2次元光電子が従来よりも多く放出されることから、CCD44の各画素に蓄積された増倍電子が時系列に外部に従来よりも多く出力され得る。よって、従来より2次元の微弱光現象を電氣的に検出して観測することが可能となる。また、本実施形態は、第4実施形態に述べたように、結晶欠陥に起因するクロスハッチパターンを出力せずに高品質な画像特性を得ることができる。

【0043】なお、本発明に係る光電変換管の第1乃至第3実施形態において、増倍手段としてダイノード又はフォトダイオードを用いたものを説明したが、増倍手段は上記のものに必ずしも限らず、マイクロチャンネルプレート等その他の増倍手段を用いてもよい。また、光電変換管の第5実施形態において近接型撮像管を説明したが、静電収束型撮像管などでも構わない。さらに、撮像管の実施形態において撮像デバイスとしてCCDを用いた場合を説明したが、これに限定されるべきものではなく位置検出機能を有する固体検出器、例えば位置検出型のフォトダイオード等でも構わないことはもちろんである。最後に、本発明の光電変換管として光電子増倍管、画像増強管及び撮像管を説明したが、これらを備えるストリーク管等のその他光検出装置にも適用可能であることは言うまでもない。

【0044】

【発明の効果】本発明の光電面によれば、窓層と活性層とが格子整合しながら窓層の組成を変えることができるので、短波長限界が変化できる高感度な光電面が得られる。

【0045】さらに、本発明の上記光電面を用いた光電変換管によれば、短波超限界を決める窓層の原子組成比

を変えても、従来よりも微弱な光を検出できる。特に、画像増強管や撮像管では光電面の結晶欠陥に起因したクロスハッチパターンを発生することなく高品質な画像が得られる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施形態に係る光電面の斜視図を一部断面にて示した図である。

【図2】GaAs基板上にある $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ からなる活性層の組成 x を変化させたときの分光感度特性を示した図である。

【図3】 $\text{In}_x(\text{Al}_y\text{Ga}_{1-y})_{1-x}\text{As}$ からなる窓層の組成 y を変化させたとき、本発明に係る光電面の分光感度特性を示した図である。

【図4】図1のA-A線断面図について製造工程を示した図である。

【図5】図1の光電面を備えた光電変換管の第1実施形態の側断面図である。

【図6】図1の光電面を備えた光電変換管の第2実施形態の側断面図である。

【図7】図1の光電面を備えた光電変換管の第3実施形態の側断面図である。

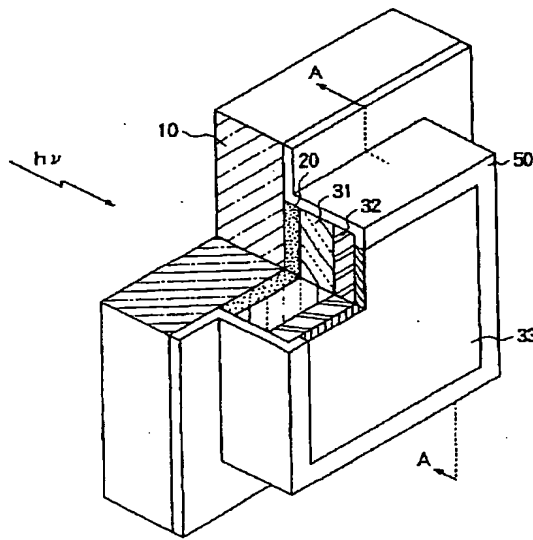
【図8】図1の光電面を備えた光電変換管の第4実施形態の側断面図である。

【図9】図1の光電面を備えた光電変換管の第5実施形態の側断面図である。

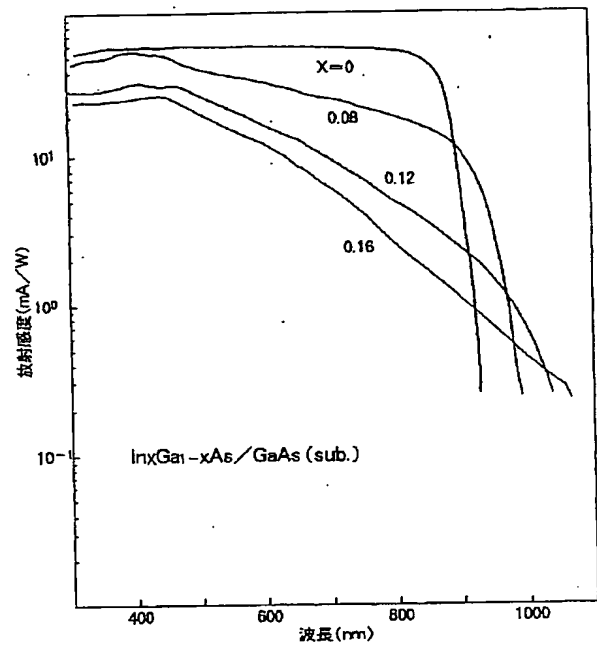
【符号の説明】

10・・・ガラス面板、11・・・真空管、12・・・底板部、13・・・Inシール部、14・・・In溜め、20・・・反射防止膜、30・・・光電面、31・・・窓層、32・・・活性層、33・・・表面層、40・・・陽極、41・・・フォトダイオード、42・・・ファイバープレート、43・・・蛍光体、44・・・電荷蓄積素子、50・・・電極、51a, b, c・・・電気リード、52・・・ステムピン、60・・・半導体基板、61・・・バッファ層、62・・・エッチストップ層、70・・・収束電極、71・・・ダイノード部、71a・・・第1ダイノード、71b・・・第2ダイノード、71c・・・第3ダイノード、71d・・・第4ダイノード、71e・・・第5ダイノード、71f・・・第6ダイノード、71g・・・第7ダイノード、71h・・・第8ダイノード、72・・・マイクロチャンネルプレート。

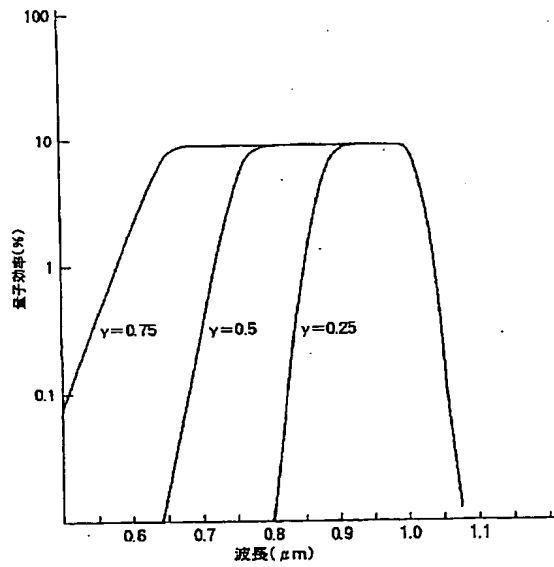
【図1】



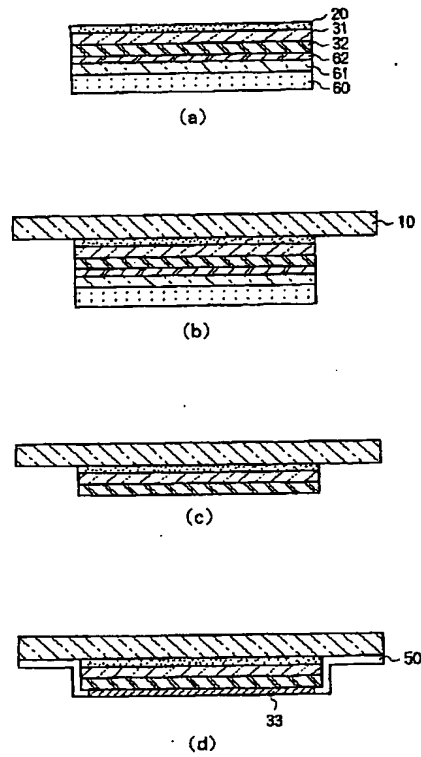
【図2】



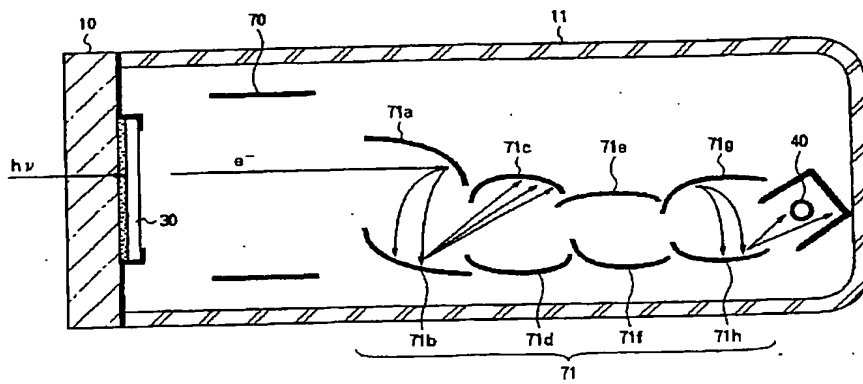
【図3】



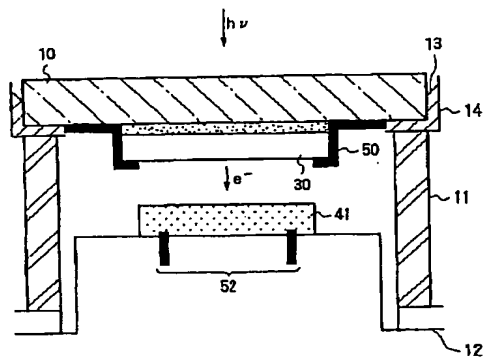
【図4】



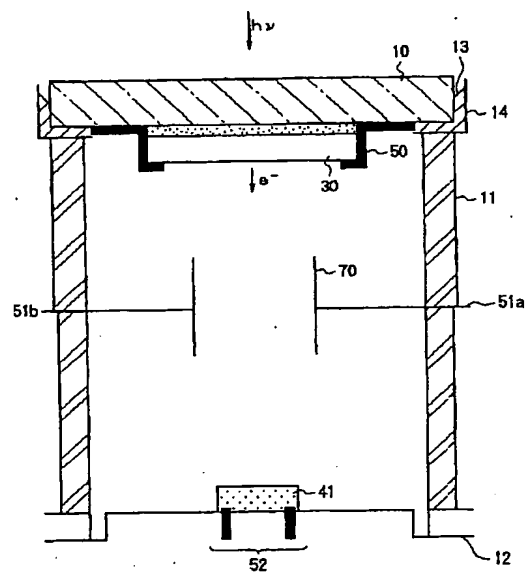
【図5】



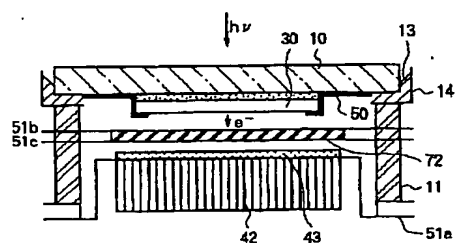
【図6】



【図7】



【図8】



【図9】

